

Avaluació a curt termini de la replantació de *Posidonia
oceanica* de la badia de Pollença (Mallorca)

Albert Rigat Pujolàs

Grau en Biologia

albertrigatpujolas@gmail.com

Tutor: Jorge Miguel Terrados Muñoz

Cotutor: Conxi Rodríguez Prieto

Empresa / institució: Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados, IMEDEA
(CSIC- UIB)

Vistiplau tutor (i cotutor):

Firmado por TERRADOS MUÑOZ JORGE MIGUEL - DNI

27431617T el día 03/07/2020 con un certificado
emitido por AC Administración Pública

MARIA
CONCEPCION
RODRIGUEZ
PRIETO - DNI
40515977M

Digitally signed by
MARIA
CONCEPCION
RODRIGUEZ PRIETO
- DNI 40515977M
Date: 2020.07.07
10:13:58 +02'00'

Nom del tutor: Jorge Miguel Terrados Muñoz

Nom del cotutor: Conxi Rodríguez Prieto

Empresa / institució: IMEDEA (CSIC-UIB)

Correu(s) electrònic(s): terrados@imedea.uib-csic.es
conxi.rodriguez@udg.edu

RESUM

Les constants pertorbacions humanes sobre les praderies marines de *Posidonia oceanica*, sent tant físiques com químiques, són la causa de la seva progressiva pèrdua provocant una elevada repercussió sobre la biodiversitat marina i la pèrdua de funcions crítiques per les zones costaneres.

Des de 1970 s'ha intentat reintroduir aquesta espècie mitjançant la formació de noves praderies usant diferents mètodes de replantació. Tot i ser una tècnica cara, el balanç econòmic segueix sent positiu a causa de l'elevada relació entre la vida marina i la humana. Les tècniques usades estan sent millorades dia a dia, per això es necessita una investigació continua per conèixer la dinàmica de la seva formació per tal d'optimitzar-les.

L'estudi realitzat a la Badia de Pollença (Mallorca) forma part del projecte "Bosque Marino de Red Eléctrica Española" el qual té com a objectiu la restauració d'aquest hàbitat a gran escala (2 hectàrees), impulsar la conservació de la diversitat biològica d'espècies essencials i fomentar la investigació i noves tecnologies. En aquest treball s'ha estudiat l'eficiència de les diferents tècniques usades, les característiques del medi implicades en la regeneració de l'ecosistema, així com el desenvolupament i supervivència dels fragments replantats i l'efecte que es produeix sobre les espècies de macròfits ja presents en l'hàbitat seleccionat.

A curt termini (10-16 mesos) s'ha observat una alta taxa de supervivència dels fragments, la qual es troba entre el 99,9% i el 96,8%. El desenvolupament s'ha estudiat a partir de la formació i canvi de morfologia dels feixos, tant apicals com verticals, els quals mostren una disminució del 30,78% dels totals. Tot i haver-hi un augment del 3,11% de feixos apicals, aquest es veu afectat per la disminució del 52,46% dels verticals. Posant en manifest la necessitat de colonització del sol i formació de noves arrels abans de la colonització de l'espai vertical com es reflecteix en la distribució dels feixos de les diferents zones, ja que no totes es plantaren a la vegada. La presència de *Posidonia oceanica* disminueix la diversitat β de macròfits marins en els seus primers estadis de desenvolupament, on diferents espècies es veuen més pertorbades que altres. Tot i això, també s'hi poden introduir accidentalment espècies que es troben epífites en el material usat, el qual mostra la necessitat de controlar-lo per tal de mantenir les espècies invasores allunyades.

RESUMEN

Las constantes perturbaciones humanas sobre las praderías marinas de *Posidonia oceanica*, siendo estas tanto físicas como químicas, son la causa de su una progresiva pérdida, causando una elevada repercusión sobre la biodiversidad marina y la pérdida de funciones críticas para las zonas costeras.

Des de 1970 se ha intentado reintroducir esta especie mediante la formación de nuevas praderías empleando distintos métodos de replantación. Aunque sea una técnica cara, el balance económico sigue siendo positivo debido a la elevada relación que existe entre la vida marina y la humana. Las técnicas usadas están siendo mejoradas día a día, por eso es necesario una investigación continua para conocer la dinámica de su formación para optimizar las técnicas.

El estudio realizado en la Bahía de Pollença (Mallorca) es parte del proyecto “Bosque Marino de Red Eléctrica Española” que tiene como objetivo la restauración de este hábitat a grande escala (2 hectáreas), impulsar la conservación de la diversidad biológica de especies esenciales, además de fomentar la investigación y las nuevas técnicas. En este trabajo se ha estudiado la eficiencia de las diferentes técnicas usadas, las características del medio implicadas en la regeneración del ecosistema, así como el desarrollo y la supervivencia de los fragmentos replantados y el efecto que se produce sobre las especies de macrofitos ya presentes en el hábitat seleccionado.

A corto plazo (10-16 meses) se ha observado un alto índice de supervivencia de los fragmentos, encontrándose entre el 99,9% y el 96,8%. El desarrollo se estudió a partir de la formación y cambio de morfología de los haces, tanto apicales como verticales, los cuales muestran una disminución del 30,78% del total. Aunque haya habido un incremento del 3,11% de haces apicales, este se ve afectado por la disminución del 52,45% de los verticales. Demostrando la necesidad de colonizar el suelo y la formación de nuevas raíces antes de empezar una colonización del espacio vertical como se observa en la distribución de los haces de las diferentes zonas, ya que no todas se plantaron a la vez. La presencia de *Posidonia oceanica* disminuye la diversidad β de macrófitos marinos en sus primeros estadios de desarrollo, donde diferentes especies se encuentran más perturbadas que otras. Aunque accidentalmente también se pueden introducir especies que se encuentren epífitas en el material usado, mostrando la necesidad de controlar lo para mantener las especies invasoras alejadas.

ABSTRACT

The constant human disturbances on the marine meadows of *Posidonia oceanica*, being these physical and chemical, are the cause of a progressive loss that is causing a high impact on marine biodiversity and the loss of critical functions for coastal areas.

Since the 1970, attempts have been made to reintroduce this species through the formation of new meadows using different replanting methods. Although it is an expensive technique, the economic balance is still positive due to the high relationship that exist between marine and human life. The techniques used are being improved day by day, so continuous research is necessary to know the dynamics of their formation to optimize them.

The study carried out in Bay of Pollença (Mallorca) is part of the “Bosque Marino de Red Eléctrica Española” project, which aims to restore this habitat on a large scale (2 hectares), to promote the conservation on the biological diversity of essential species and encourage research and new techniques. This work has studied the efficiency of the different techniques used, the characteristics of the environment involved in the regeneration of the ecosysteme, as well as the development and survival of the replanted material and the effect that occurs on the species of macrocytes already present in the selected habitat.

In the short term (10-16 months), a high fragment survival rate has been observed, being between 99,9% and 96,8%. The development was studied from the formation and change of morphology of the bundles both apical and vertical, which show a decrease of 30,78% of the total. Although there has been a 3,11% increase in apical bundles, this is affected by a 52,45% decrease in vertical ones. Proving the need to colonize the soil and the formation of new roots before beginning a colonization of the vertical space as observed in distribution of the bundles of the different zones, since not all were planted at the same time. The presence of *Posidonia oceanica* decrease the diversity β of marine macrophytes in their early stages of development, where different species are more disturbed than others. Although accidentally epiphytic species can also be introduced through the material used, showing the need to control it to keep invasive species away.

ÍNDEX DE CONTINGUTS

1.	INTRODUCCIÓ	1
2.	OBJECTIVES	4
3.	METODOLOGIA	4
3.1	Zona d'estudi	4
3.2	Condicions ambientals	5
3.3	Organització de la zona de replantació	5
3.4	Material biològic utilitzat.....	7
3.5	Tècnica de replantació	10
3.6	Supervivència i desenvolupament	10
3.7	Cobertura de macròfits marins	11
3.8	Anàlisi estadístic.....	11
4	RESULTATS.....	13
4.1	Desenvolupament	13
4.1.1	Feixos totals.....	13
4.1.2	Feixos verticals	14
4.1.3	Feixos horitzontals	15
4.2	Supervivència	17
4.3	Cobertura de macròfits marins	17
4.3.1	Diversitat β	18
4.3.2	Diferències entre hàbitats	18
4.3.3	Relació amb la cobertura de <i>Posidonia oceanica</i>	19
5	DISCUSSIÓ	20
6	ÈTICA I SOSTENIBILITAT	23
7	CONCLUSIONS	24
8	BIBLIOGRAFIA	25

1. INTRODUCCIÓ

Una de les moltes meravelles que ens ofereix la nostra Terra és la capacitat d'albergar una quantitat immensa d'ecosistemes, on tots tenen les seves pròpies característiques i particularitats. Tots ells estan formats i regits per dinàmiques constants entre el clima, la fauna i la flora, formant una gran xarxa en equilibri.

La majoria de persones li donen un major valor a allò a què estan acostumades a observar diàriament, per això la majoria d'elles només coneixen els ecosistemes terrestres. Però, existeix una gran quantitat d'ecosistemes que s'escapen a simple vista, els quals sovint són infravalorats, els marins.

Aquests poden ser tant o més importants que els terrestres, ja que controlen un gran nombre de processos que tenen repercussions en els terrestres. Tot i això, la falta de consciència col·lectiva els posa en un altre punt de vista, fent que siguin danyats o contaminats per simple ignorància.

Dins d'aquestes meravelles, n'hi ha uns de molt peculiars en les costes occidentals del Mediterrani, les praderies de fanerògames marines. Les quals tot i trobar-se en el medi marí, són angiospermes adaptades a la vida aquàtica. La majoria presenten una arquitectura bàsica i clonal, creixent a partir de l'addició de mòduls genèticament idèntics del que en forma part un rizoma horitzontal on en surten les fulles agrupades en feixos en la part superior i les arrels en la part inferior (Boudouresque *et al.*, 2012). A mesura que el rizoma es desenvolupa, permet la formació de diferents feixos de fulles, els quals poden presentar una morfologia tant apical com vertical, que els hi permet colonitzar l'espai en múltiples nivells. Aquesta característica i la llarga esperança de vida els hi permet formar grans extensions fins a arribar a formar les praderies, encara que presentin un creixement molt lent (Arnaud *et al.*, 2012).

En les costes Mediterrànies espanyoles es troben les següents espècies de fanerògames: *Posidonia oceanica*, *Cymodocea nodosa*, *Zostera marina*, *Zostera noliti* i *Halophila decipiens*. Les quals tenen la capacitat de formar un dels ecosistemes més complexos i diversos de les costes Mediterrànies (Lizaso, 1995). La *Posidonia oceanica* és l'angiosperma marina endògena més important, ja que les seves praderies en són la comunitat clímax (Den Hartog, 1977). Sent una espècie clau en el control dels ecosistemes (Larkum *et al.*, 2006); actua de refugi, d'hàbitat i lloc de cria per gran quantitat de peixos i invertebrats (Calizza *et al.*, 2013), sobretot per la

supervivència dels individus juvenils (Pihl & Wennhage, 2002), presentant així un paper fonamental pel manteniment de la biodiversitat marina (Hemminga & Duarte, 2009). Actua de reservori de nutrients, com el carboni, tant per la cadena tròfica del mateix ecosistema com en ecosistemes propers per l'exportació de les seves fulles senescentes (Zieman et al., 1979). Participa en la disminució de les partícules en suspensió augmentant la deposició d'aquestes en el fons marí, les quals per sedimentació formen un substrat compacte i ric en nutrients que actua amortint els corrents provocant una notable disminució de l'erosió a les costes (Terrados & Duarte, 2000), la qual sovint provoca grans pèrdues econòmiques (Gacia & Duarte, 2001).

Aquestes praderies de *Posidonia oceanica* en el Mediterrani ocupen una extensió de 25.000-50.000 km², el que representa una superfície de l'1-2% del total (Pasqualini et al., 1998), i alhora alberga més de 1.000 espècies d'eucariotes (Arenas Camps, 2016). Es troben en un rang de batimetria que oscil·la entre els 0-50 metres de profunditat, per això són característiques de zones costaneres (Pasqualini et al., 1998). Són ecosistemes molt fràgils, ja que l'excés de matèria orgànica i nutrients les altera fins a la destrucció, provocant-hi la formació d'un ambient eutròfic (Koçak et al., 2011), per això es veuen greument afectades per la contaminació. Però aquest no és l'únic afecte antropogènic que porta a la seva destrucció, sinó que hi ha una llarga llista d'accions com: la pesca d'arrossegament, el fondeig d'embarcacions d'esbarjo, la instal·lació de cables elèctrics marins (Telesca et al., 2015)... Diferents estudis com els realitzats per (Waycott et al., 2009) han demostrat que aquest conjunt d'accions està destruint un 1,5% de les praderies marines cada any i ja han disminuït en un 29% la seva àrea total des del 1.879, on no només es perd aquesta espècie, sinó totes les que hi estan estretament relacionades. A causa de la seva reduïda taxa de creixement i recuperació, aquests danys es consideren irreversibles a escala humana (Marbà et al., 2002). Per això, al 1.999 es va declarar patrimoni natural de la humanitat per la UNESCO (UNESCO, 1999). La zona que presenta més densitat en tot el Mediterrani es troba a les illes de Menorca i Eivissa, on la seva destrucció està constituït com un delictes ambiental (Hungria, 2019).

El projecte "Bosque Marino de Red Eléctrica Española" es dona a terme per tal d'obtenir respostes als grans interrogants que presenten les restauracions d'angiospermes marines, intentant replantar la zona més extensa amb *Posidonia oceanica* que s'ha dut a terme fins a les hores. Ja que es tracta d'una tècnica molt més cara si ho comparem amb el medi terrestre, per això no han estat tant desenvolupada (De Groot et al., 2013). En concret, la restauració de praderies d'angiospermes marines s'estima com un dels ecosistemes més cars per fer-ho, 383.672 \$ x Ha⁻¹ (Red Eléctrica Española [REE], 2018). Tot i l'elevat preu d'aquestes accions, el benefici segueix sent positiu a causa de la gran importància socioeconòmica d'aquesta planta, a

més, en aquest cas cal tenir en compte el coneixement obtingut, ja que permet conèixer nous mètodes de replantació i com responen, al no haver-se utilitzat mai en una àrea tan extensa (2 hectàrees repartides en un total de 8 unitats de plantació (UP) que marquen un patró temporal tant per la replantació com pel seu seguiment). El projecte també permet l'anàlisi de les diferents tècniques de recol·lecció, manteniment i replantació usades.

No només interessa la restauració de la simple planta, sinó que una bona restauració ha d'implicar tant la de la diversitat, l'estructura vegetal i els processos ecològics associats (Ruiz & Aide, 2005).

Els primers intents de replantació usant fragments de plantes adultes daten del 1.970 (Boudouresque, 2000). Avui en dia una de les millors tècniques per la seva replantació és l'ús de fragments arrencats de les mateixes plantes per les dinàmiques marines, els quals presenten una gran capacitat per formar noves praderies (Balestri *et al.*, 2011). Endemés, qualsevol dany o extracció per la seva trasplantació està prohibit pel Real Decret 139/2011 del 4 de febrer, el qual cataloga la *Posidonia oceanica* com una espècie en regim de protecció especial (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2011).

Tot i ser una tècnica en desenvolupament hi ha múltiples exemples, com el realitzat per (Balestri *et al.*, 2011), van usar rizomes de *Posidonia oceanica* recol·lectats en les platges presentaven una supervivència del 70% al cap d'un any. En altres experiments com els de (Molenaar *et al.*, 1993) s'observaren taxes de supervivències majors, de fins a 94% utilitzant la mateixa tècnica de replantació.

En l'estudi realitzat dins del marc del projecte "Bosque Marino de Red Eléctrica Española" que es mostra en aquest treball, s'estudia el desenvolupament dels feixos dels diferents fragments replantats de *Posidonia oceanica* de la UP1, la UP2 i la UP3 (el mostreig dels quals es fa el juliol de 2019). S'analitza com en varia el nombre i la morfologia dels feixos totals, així com els verticals i apicals a curt termini (10-16 mesos). S'estudia la supervivència dels fragments replantats en la UP1, UP2, UP3, UP4 i UP5. Tot agrupant les UP mitjançant el temps en què varen ser plantades formant 3 grups, UP1 (març 2.018), UP2/UP3 (novembre 2.108) i UP4/UP5 (març 2.019). Per últim també s'estudia com varien les diferents espècies de macròfits entre els dos hàbitats que s'han format en la zona d'estudi, les zones contigües al la zona de la replantació són alguers de *Cymodocea nodosa* de zones obertes poc profundes sobre mata morta de *Posidonia oceanica*, amb un codi Corine 11.3312 i un codi LRPE 030510 (Ballesteros, 2019). Mentre la zona de la replantació es pot definir com un hàbitat que es troba en un gradient de diferenciació entre

aquest anterior i l'alguer de *Posidonia oceanica* sobre mata morta amb codi CORINE 11.341+ i un codi LRPE 03051201 (Ballesteros, 2019).

2. OBJECTIVES

As mentioned above, the meadows of *Posidonia oceanica* play a very important role, both for marine life and in our society. That is why the aim of the study is to get to know how these are developed from a new replanting in order to improve knowledge and techniques for the future.

In order to do so, the study falls on the following objectives:

- Observe if the techniques and environmental conditions of the project are ideal for the formation of a new *Posidonia oceanica* meadow in the Bay of Pollença (Mallorca).
- To determine the short-term survival and vegetative development (10-16 months) of replanted *Posidonia oceanica* rhizome fragments.
- Evaluate the effect of *Posidonia oceanica* fragments on the community of marine macrophytes present in the area of action.

3. METODOLOGIA

3.1 Localització

El projecte es dona a terme en una zona on antigament hi havia una praderia de *Posidonia oceanica*, per causes desconegudes bona part d'aquesta va desaparèixer, actualment en la zona s'hi troba un alguer de *Cymodocea nodosa* de zones obertes poc profundes sobre mata morta de *Posidonia oceanica*, amb un codi Corine 11.3312 i un codi LRPE 030510 (Ballesteros, 2019). La zona escollida per la restauració és la Badia de Pollença de l'illa de Mallorca, situada a (39° 53.98' N, 3° 6.04' E), la tria de la localització no és a l'atzar, sinó que calen unes condicions favorables per una bona restauració de la zona, tot i no donar-se de forma natural.

L'expansió de la plantació és d'unes dues hectàrees, així cal una zona extensa, on les condicions de llum i temperatura permetin la seva regeneració, que estigui resguardada de possibles temporals i que hi hagi una infraestructura compatible amb les operacions de replantat i seguiment, en aquest cas la proximitat a la base militar de Pollença que proporciona unes bones instal·lacions per dur a terme les diferents operacions tant de coordinació com de logística pel

projecte. La característica més important per l'elecció de la zona és la presència d'una praderia contigua, la qual indica que pot ser una zona molt favorable per dur a terme el projecte.

3.2 Condicions ambientals

Per una òptima supervivència de les plantes cal tenir en compte la qualitat de l'aigua intersticial de les fulles dels feixos de la *Posidonia oceanica*, aquesta ha de presentar valors de nitrogen totals entre els 300-645 μm , de fosfats entre els 9-43,4 μm i no superiors a 10 μm de H_2S , ja que valors anormals d'aquests composts es reflecteixen en una alta mortalitat (Díaz *et al.*, 2008, Calleja *et al.*, 2007). S'ha de controlar la salinitat de l'aigua, ja que s'observa una elevada mortalitat per sobre 39,2 ppm (Centro de estudios y experimentación de obras públicas, 2012). Es necessiten unes condicions de llum superiors als 338 $\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$, ja que per valors inferiors a aquests hi ha una disminució de la producció primària neta de la comunitat (Gacia *et al.*, 2012). Per escollir el substrat adient s'han d'evitar els fangs i optar per terrenys més arenosos sense presència de molta matèria orgànica per tal que no es converteixi en un ambient anaeròbic, el que provocaria un augment de fosfats i nitrats (Cancemi *et al.*, 2003). Per evitar aquesta excessiva sedimentació de matèria orgànica, cal una zona amb un hidrodinamisme constatat, però prou moderat per aconseguir que els fragments no es desenganxis de les seves fixacions. Per escollir la correcta batimetria, es fa seguint les característiques de les praderies més pròximes a la zona de la replantació, i ajustant-se el màxim a la seva profunditat (REE, 2018). S'han d'eludir zones amb presència de macròfits marins invasors com la *Caulerpa racemosa*, en observar-se en diferents estudis que aquesta espècie modifica la taxa de supervivència, la cobertura i la morfologia de les fanerògames marines (Glasby, 2013).

3.3 Organització de la replantació

La zona on es dona el projecte es troba a 500 metres de la costa a una profunditat mitjana de 5 metres. Es divideix en un total de 8 unitats de plantació (UP), que marquen les diferents temporades de replantació i de seguiment per culpa de la impossibilitat de realitzar-se en les 8 UP de cop. La UP1 es va plantar el març del 2018, la UP2 i la UP3 el novembre del 2018 (tractant-se com una sola UP per la recol·lecta de dades en l'estudi realitzat), la UP4 i UP5 el març del 2019 (tractant-se com una sola UP per la recol·lecta de dades en l'estudi realitzat), la UP6, la UP7 i la UP8 encara no s'havien plantat al realitzar l'estudi. Cal comentar que encara que es tractin certes UP com una sola àrea en la recol·lecta de dades, en un futur cada una es monitorarà de forma individual.

Cada UP s'organitza amb "nodes", aquests són grups de 16 fragments + 4 fragments de sacrifici (els fragments de sacrifici no es tenen en compte en l'estudi realitzat, sinó que en un futur serviran per monitorar la formació d'arrels i el seu contingut de nutrients)[Figura 1]. Cada UP té unes dimensions de 50 m x 50 m, amb una cobertura total de $\frac{1}{4}$ d'hectàrea. En cada UP hi ha 100 nodes, separats 5 metres entre ells, formant 10 columnes i 10 files. La superfície total del node és de 80 cm x 80 cm, en haver-hi 16 fragments, aquests es troben separats entre ells per 20 cm, formant 4 files i 4 columnes (en un lateral del node s'hi posen els de sacrifici formant un altre fila/columna, aquests no formen part de l'estudi) [Figura 2].

Per reconèixer els diferents fragments tots ells es van etiquetar mitjançant un codi, aquest és X.Y.Z. On X és el número de la fila on es troba i Y el número de la columna (cada node tindrà el mateix codi X.Y), Z és el número que indica el fragment dins el node. Així cada node està identificat per un codi X.Y més un codi Z que identificarà el fragment; aquest últim enumerat d'1-16 en els normals i 1A-4A en els quatre de sacrifici.



Figura 1. Distribució dels 16 fragments de rizoma de *Posidonia oceanica* en un node + els 4 de sacrifici. Font: REE.

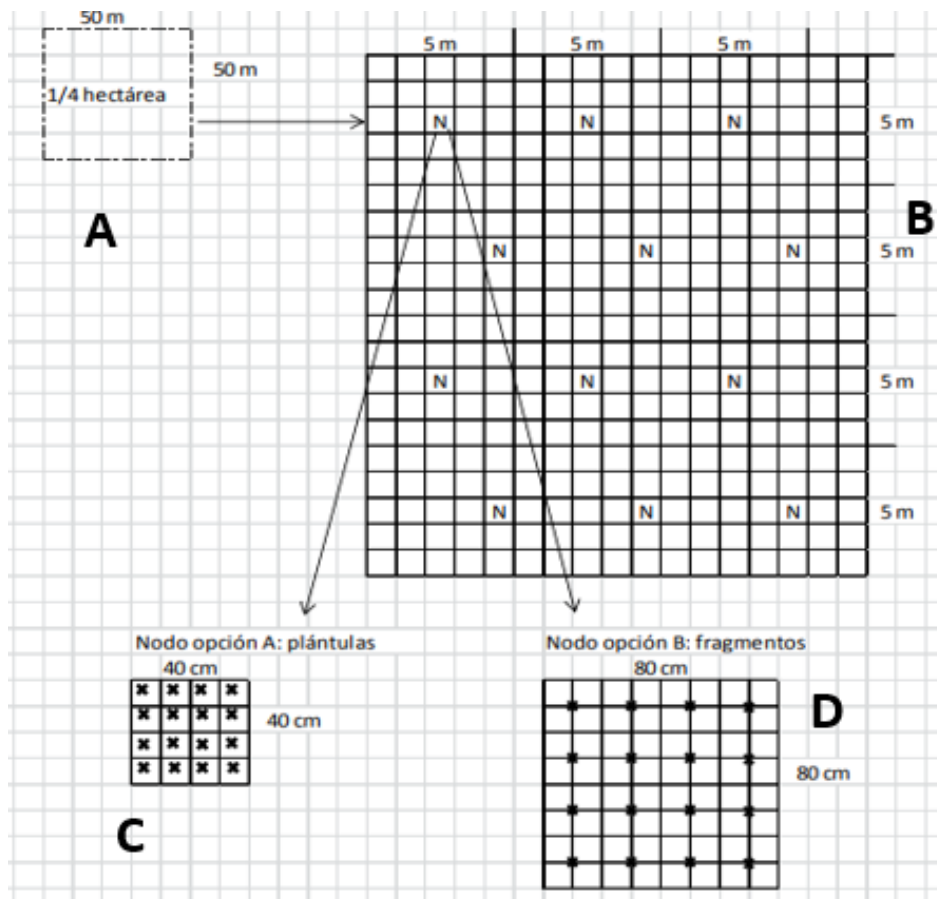


Figura 2. Esquema d'una unitat de plantació. (A) Superfície total de la UP. (B) Distribució dels nodes (N) dins la UP. (C) Distribució dels nodes quan s'usen plàntules. (D) Distribució dels nodes quan s'usen fragments. Font: REE.

3.4 Material biològic utilitzat

En un principi la idea del projecte era la utilització de plàntules per la replantació, les quals s'haurien obtingut del creixement a partir de llavors recol·lectades en la costa, ja que els fruits de *Posidonia oceanica* en comparació a altres fanerògames marines com la *Cymodocea nodosa*, presenten un gran període de flotació abans d'enfonsar-se per tal de garantir la seva bona dispersió i evitar la competència amb les plantes mare (Buia & Mazzella, 1991), aquesta característica és la que permet que la majoria puguin arribar fàcilment a la costa i ser recollides a la zona mediolitoral.

El seu cicle sexual ve marcat per la temperatura, ja que s'ha demostrat que la floració es dona un mes després del pic de temperatura màxima, el qual en aquesta zona del Mediterrani sol ser al setembre. Entre l'octubre i novembre se sol produir la pol·linització per la formació del fruit que tardarà uns 4 mesos a madurar, i ho farà de desembre a març/abril. Així passat aquesta etapa de maduració, es poden començar a obtenir els primers fruits, per això la campanya de

recollida d'aquests va d'abril fins a juny (Buia & Mazzella, 1991). Cal tenir en compte que aquests cicles en una mateixa latitud podran variar per la profunditat, a més profunditat més es pot enrederir (Peirano *et al.*, 2011).

L'objectiu era mantenir aquestes llavors en les condicions apropiades pel seu cultiu en uns tancs de 60 L, un fotoperíode de 12 hores, una salinitat constata a 35,5 ppm (tot i que sembla que el rang òptim de germinació és diferent del creixement vegetatiu) i una constant entrada d'oxigen, la qual és necessària per a la seva germinació (Balestri *et al.*, 1998). Per optimitzar el creixent en els tancs cal una densitat màxima de 40 plàntules per cada 0,25 m², i una separació de 7-10 cm entre elles (Moreno, 2006). Tot i sovint presentar valors de germinació baixos, s'han observat taxes de fins al 70% en diferents estudis com els de (Buia & Maxxella, 1991). La taxa de supervivència de les plàntules un cop germinades pot baixar fins a valors de 20-30% del total de plàntules germinades (Buia & Maxxella, 1991). El temps de replantació és òptim al cap de 6-8 setmanes un cop ha germinat, en què ha passat el temps suficient perquè desenvolupi un bon sistema radicular i no tant per quedar-se sense recursos (Moreno, 2006).

Aquestes condicions permeten aconseguir que aquestes germinin i creixin per obtenir-ne les plàntules necessàries per a la replantació. Els tancs es revisen 2/3 cops per setmana per mantenir les condicions estables i eliminar aquelles plàntules mortes. Un cop la llavor hagi germinat i s'aprecii un bon creixement, estaran llestes pel seu trasllat en la zona adient.

En total, per les 8 UP es necessitaven 12.800 plàntules o fragments, si sols en el 50% del total s'usaven plàntules, calia recollir un total de 32.000 llavors tenint en compte que la supervivència d'aquestes plàntules en aquaris en els primers estadis de vida és del voltant del 20%. Tot i ser un nombre elevat, pot ser factible el seu ús. El problema rau en el fet que durant les temporades anteriors en realitzar el projecte, no van arribar a la costa tanta quantitat de llavors com s'imaginava, per tant es va decidir realitzar el projecte a partir de fragments de rizoma. Ja que la *Posidonia oceanica* no presenta un cicle de floració anual regular, sinó que aquest pot arribar a ser molt variable (s'observen praderies que de mitjana floreixen cada cinc anys) (Díaz *et al.*, 2007).

Els fragments obtinguts provenen dels clars de sorra de la praderia contigua o dels seus marges, per tant no es va malmetre la vegetació per la seva extracció. Entremig de les praderies existeixen zones sense presència de mata, les quals estan formades per bancs de sorra, on per la mateixa dinàmica marina s'hi dipositen els fragments que s'hi desenganxen (REE, 2018). Aquesta tècnica té un impacte mínim sobre la població, tant en la de donants com en la zona on es replanten (Gavara, 2017).

La reproducció sexual per part de fanerògames marines és molt rara en algunes espècies, la majoria es basen en la reproducció asexual per ocupar l'espai i mantenir la praderia en un determinat lloc. Aquesta es pot donar per creixement clonal en forma de mòduls en una localització concreta o per la dispersió de fragments que actuen com a propàguls per la dissipació del material genètic entre les diferents poblacions. Així les praderies presenten una homogeneïtat genètica molt gran en produir-se bàsicament per reproducció asexual a partir de la formació de nous mòduls, provocant poca variabilitat genètica intrapoblacional (Harris *et al.*, 1992). La dispersió d'aquests fragments per part del corrent permet l'intercanvi genètic entre poblacions, ja que els mecanismes de reproducció sexual per si sols no podrien arribar-hi (Capiomont *et al.*, 1996). Aquesta característica permet la utilització del fragment com una molt bona opció per dur a terme la replantació, gràcies a la seva alta capacitat de formar noves poblacions i donant certa variabilitat gènica a la nova praderia resultant, ja que segurament els fragments escollits procedeixin de diferents poblacions.

Els fragments utilitzats havien de presentar un rizoma amb un grup apical format per un meristema actiu, el qual permet la formació de nous feixos foliars amb un d'hàbitat de creixement horitzontal (feix horitzontal, plagiotròpic) i dos rizomes foliars amb un hàbitat de creixement vertical (feix vertical, ortotròpic) [Figura 3]. Si no era possible, s'usaven els que presentessin un feix vertical i un d'horitzontal. Ja que la taxa de supervivència d'aquests fragments està altament relacionada amb la capacitat d'arrelar, els fragments amb un feix horitzontal presenten una capacitat per la formació d'arrels molt major si es compara amb la dels feixos verticals que es tradueix amb una major supervivència del fragment, d'aquí la necessitat de mostrar un feix horitzontal (Molenaar *et al.*, 1993). Pel que fa als verticals, aquests són necessaris per la màxima assimilació de nutrients en els seus primers mesos de desenvolupament (Balestri *et al.*, 2009). Per tant, com a mínim, el fragment ha de presentar un feix vertical i un d'horitzontal.

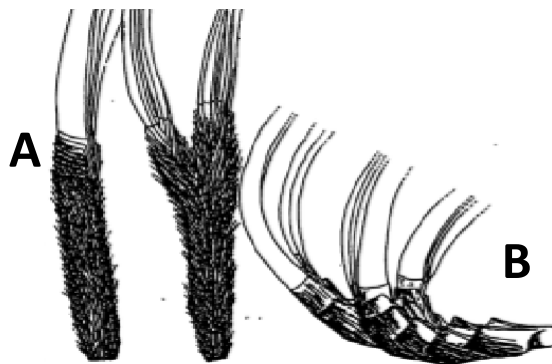


Figura 3. Dibuix d'un rizoma ortotròpic amb un feix amb hàbitat de creixement vertical (A) i d'un rizoma plagiotròpic amb hàbitat de creixement horitzontal (B). Font: (Molenaar & Meinesz, 1992).

3.5 Tècnica de replantació

Els fragments es varen plantar individualment en la zona adequada seguint la distribució explicada anteriorment de forma manual usant bussejadors. S'usaren barres metàl·liques amb forma de U, amb una part central de 20 cm i dues potes de 25 cm en cada un dels extrems, les quals serveixen per ancorar-lo en el substrat per tal d'evitar qualsevol moviment. Els fragments es varen unir a la barra metàl·lica de 20 cm que queda per sobre la superfície usant una corda que presenta un temps d'ús d'almenys dos anys per tal que arrelli correctament el fragment. La part que es troba en contacte entre el fragment i la part metàl·lica de l'estrip es va recobrir amb cera d'abella per evitar possibles danys per la corrosió del metall sobre el fragment. En aquest mètode anomenat "Staple", es col·loca el rizoma horitzontal sobre el substrat tal com passaria de manera natural, així s'ajuda a l'arrelament [Figura 4] (Fonseca *et al*, 1998). Tot i ser una tècnica més laboriosa i costosa que l'ús de plàntules, presenta una taxa d'èxit bastant superior.



Figura 4. Fragment de rizoma de *Posidonia oceanica* en procés de replantació usant la tècnica "Staple" mitjançant el busseig autònom. Font: REE.

3.6 Supervivència i desenvolupament

En l'estudi es va avaluar l'èxit del mètode d'ancoratge, la supervivència i el desenvolupament dels fragments a curt termini (10-16 mesos). Per cada UP es realitzà una primera campanya de seguiment intensiu on es mesurà la supervivència de tots els fragments de tots els nodes presents, aquesta es realitzà l'abril de 2019 per la UP1, UP2 i UP3, i al juliol de 2019 per la UP4 i UP5. Llavors només es va fer el seguiment de 10 nodes escollits a l'atzar per cada unitat de monitoratge, 10 per la UP1, 10 entre UP2/UP3 i 10 més entre UP4/UP5. Per avaluar si un

fragment segueix viu cal observar si hi ha la presència de l'estrip, si hi ha el rizoma ancorat a ell i si aquest presenta com a mínim una fulla verda, si fos d'una altra forma es donaria per mort/perdut.

El seguiment del desenvolupament es va fer a partir de tots els fragments presents en 10 nodes de cada unitat de monitoratge, aquests van ser escollits al principi del projecte, mesurant-hi el nombre de feixos verticals i grups apicals que presentaven en el moment de ser replantats per poder monitorar el seu creixement, 10 nodes de la UP1 i 10 més entre la UP2 i UP3. En la primera campanya de desenvolupament realitzada el juliol de 2019 no es varen incloure ni la UP4 ni la UP5 en presentar un temps insuficient de plantat per avaluar el desenvolupament coherentment. Per l'estudi cal tenir present que la UP1 a l'hora del seguiment portava plantada setze mesos, mentre que la UP2/UP3 deu. En aquest seguiment es comptabilitzaren el nombre total de feixos que presenten els fragments, així com la identificació de quants presenten un caràcter apical i quins de vertical. Es comptabilitzaren com un sol feix aquells que no presentessin una suficient ramificació per comptabilitzar-los com a dos feixos independents, ja que sovint es genera confusió quan un feix es comença a ramificar per formar-ne dos de totalment diferenciats.

3.7 Cobertura de macròfits

Es va mesura la cobertura de les diferents espècies de macròfits marins que hi havia a la zona contigua als nodes (hàbitat: alguer de *Cymodocea nodosa* de zones obertes poc profundes sobre mata morta de *Posidonia oceanica*) i dins dels nodes (hàbitat: en un gradient de diferenciació entre aquest anterior i l'alguer de *Posidonia oceanica* sobre mata morta) (Ballesteros, 2019) usant un mostreig a l'atzar. Aquest es realitzà usant parcel·les de 50 cm x 50 cm on la unitat de mesura en són les 25 cel·les de 10 cm x 10 cm que les formen. S'usà el mètode d'absència/presència per cada una de les cel·les; per cada mostreig, el màxim a obtenir és de 25 presències de cada espècie per parcel·la.

3.8 Anàlisi estadístic

S'optà per un test de Wilcoxon de mostres aparellades per comparar les dades del desenvolupament dels feixos inicials amb la dels finals, ja que cada element d'una població (feixos inicials) està aparellada amb un element de l'altra població (feixos finals), a més les dades no presenten una distribució normal ni homogeneïtat de variàncies. S'usà tant en els horitzontals i verticals, com en el conjunt de les dues morfologies.

Per tal de saber si el desenvolupament dels feixos (verticals, horitzontals i totals) en les 3 UP estudiades es comporta de la mateixa manera es va calcular la mitjana de canvi per cada UP, aquesta és el total de feixos finals menys el total de feixos inicials de cada fragment dividit pel total de fragments, així es pot normalitzar les dades entre les 3 UP per tal de comparar-les. S'analitzà la diferència de les UP usant Wilcoxon test, ja que les dades no mostren una distribució normal ni homogeneïtat de variàncies.

Es realitzà una anàlisi multivariant per tractar les dades obtingudes en el mostreig de la cobertura de macròfits marins, per tal d'identificar les diferències existents entre els dos hàbitats. S'usà una matriu de similitud de Bray-Curtis i el mètode d'ordenació NMDS per la seva representació gràfica. Per calcular aquesta diferència entre la distribució d'espècies es va fer servir una anàlisi MANOVA.

Per comparar la diversitat de macròfits en les dues comunitats s'usà un índex que permet comparar la diversitat β com l'Índex de Shannon-Wiener. Aquest, és un dels índexs més usats arreu per identificar la diversitat de les diferents comunitats per reflectir-hi els canvis causats per la presència o absència de diferents factors de pressió (Díaz et al., 2016), en aquest cas la presència de material replantat. És òptim el seu ús en aquestes mostres, ja que en les comunitats estudiades hi domina *Cymodocea nodosa* i hi ha diferents espècies que mostren poca abundància, així es necessita un paràmetre que no discrimini les espècies rares i no doni molt de pes a les més abundants. Aquest té en compte tant el nombre d'espècies com la seva abundància relativa i serà màxim quan totes les espècies estiguin representades pel mateix nombre (Pla, 2006), per usar-lo cal saber totes les espècies de la zona. En aquest cas no s'usà l'abundància absoluta del total de les espècies en la zona de mostreig, sinó que s'usà la cobertura; el qual és un mètode vàlid en indicar també la distribució proporcional entre el total de les espècies. S'usà una ANOVA unifactorial per tal de comparar els índexs de les mostres de les dues comunitats, ja que les dades presenten una distribució normal i homogeneïtat de variàncies.

En la comparació de la cobertura de les diferents espècies de macròfits entre els dos hàbitats s'usà un test de Wilcoxon quan les dades no presenten una distribució normal ni homogeneïtat de variàncies; quan no presenten una distribució normal, però si homogeneïtat de variàncies, un test de Kruskal-Wallis.

En la relació existent entre la quantitat de *Posidonia oceanica* i la cobertura de macròfits es va fer servir un GLM, ja que les dades no mostren homoscedasticitat de variàncies ni una distribució

normal, utilitzant una distribució de Poisson o de Quasi-Poisson quan apareixien problemes d'overdispersion per no augmentar les possibilitats de cometre un error tipus I (Harrison, 2014).

Per tots els tests estadístics s'ha usat el programa R Studio (R Core Team, 2020).

4 RESULTATS

4.1 Desenvolupament

4.1.1 Feixos totals

Estudiant el nombre total de feixos quan es van plantar i quan es va fer el seu seguiment, s'observà que existeix un canvi significatiu en el seu nombre que presenten els diferents fragments en el conjunt de les UP, usant una ANOVA unifactorial ($p\text{-valor} = 2 \times 10^{-16}$). El total de feixos que presentaven els fragments en el moment de la replantació era de 1.494 mentre que en el moment del mostreig era de 1.034, mostrant una disminució del 30,78% pel que fa a feixos totals.

Si es mira la mitjana dels feixos totals per cada fragment en cada UP [Taula 1], s'observà una disminució del total de feixos. Usant Wilcoxon test de mostres aparellades es mostra que hi ha diferències significatives en el nombre total de feixos inicials i finals [Taula 1]. Per tant, en el temps de plantat, les 3 UP presenten una disminució significativa en el nombre de feixos.

	UP1	UP2	UP3
Mitjana \pm desviació	$4,7 \pm 1,5$	$4,86 \pm 1,62$	$5,2 \pm 1,4$
feixos totals inicials			
Mitjana \pm desviació	$3,21 \pm 1,62$	$3,21 \pm 1,19$	$3,87 \pm 1,36$
feixos totals finals			
p-valor Wilcoxon test	1.76×10^{-14}	4.61×10^{-11}	$1,19 \times 10^{-9}$

Taula 1. Mitjana del feixos totals inicials i finals amb la seva desviació. Comparació d'aquestes mitges usant Wilcoxon test de mostres aparellades.

S'analitzà les diferències existents en les diverses UP a partir la mitjana de canvi usant Wilcoxon test (UP1-UP2; $p\text{-valor} = 0,2397$), (UP2-UP3; $p\text{-valor} = 0,4545$), (UP1-UP3; $p\text{-valor} = 0,6541$). Pel que fa a la mitjana de canvi de feixos totals les tres UP es comporten de la mateixa manera al no

apreciar-se diferències significatives entre elles, sent aquesta disminució de -1,48 feixos/fragment en la UP1, -1,64 feixos/fragment en la UP2 i de -1,4 feixos/fragment en la UP3. Per tal la dinàmica que segueixen els fragments en les 3 UP és similar [Figura 5].

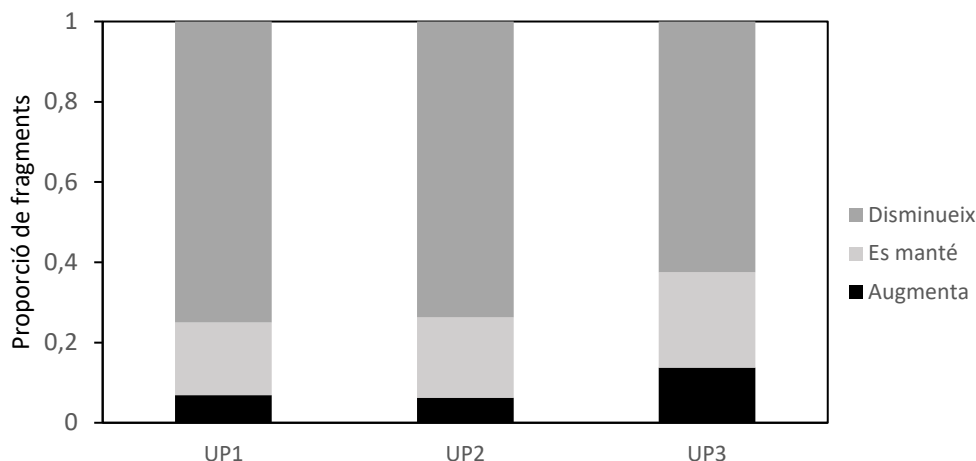


Figura 5. Diferències entre la quantitat de feixos totals (inicials/finals) en els fragments de les diferents UP.

4.1.2 Feixos verticals

Dels 1.494 feixos totals inicials presents en els fragments de desenvolupaments estudiats, un 66,46% presentaven un desenvolupament vertical, el que equival a 993 feixos. En el moment del mostreig, se'n comptabilitzaren 521, mostrant una disminució del 52,46%. Observant com varia en cada UP el nombre de feixos verticals [Taula 2], en les tres UP s'observà una disminució significativa pel que fa al nombre de feixos verticals a l'usar Wilcoxon test de mostres aparellades [Taula 2].

	UP1	UP2	UP3
Mitjana ± desviació	3,41 ± 1,42	3,07 ± 1,26	3,23 ± 1,05
feixos verticals inicials			
Mitjana ± desviació	1,43 ± 1,36	1,58 ± 1,23	2,32 ± 1,56
feixos verticals finals			
p-valor Wilcoxon test	2.2x10⁻¹⁶	2.2x10⁻¹⁵	5,67x10⁻⁶

Taula 2. Mitjana del feixos veritcals inicials i finals amb la seva desviació. Comparació d'aquestes mitges usant Wilcoxon test de mostres aparellades.

Per mirar si en aquest cas hi ha diferències entre les diferents UP i com es comporten, es va fer la mitjana de canvi, en aquest cas només dels verticals. Usant Wilcoxon test ($UP1-UP2$; $p\text{-valor}=0,1289$), ($UP2-UP3$; $p\text{-valor}=0,04345$), ($UP1-UP3$; $p\text{-valor}=4,4 \times 10^{-3}$). En aquest cas, s'observà que la UP3 presenta valors de canvi significativament diferents de la UP1 i UP2. Mentre la mitjana de canvi d'UP1 i UP2 és de -1,8 i -1,4 feixos/ fragment respectivament, la UP3 presenta una mitja de canvi significativament menor, de -0,91 feixos/fragment. Per tant la dinàmica que segueixen els fragments varia en la UP3 respecte a la UP1 i UP2, tot i que la proporció de fragments que disminueixen els seus feixos és superior a les altres UP [Figura 6].

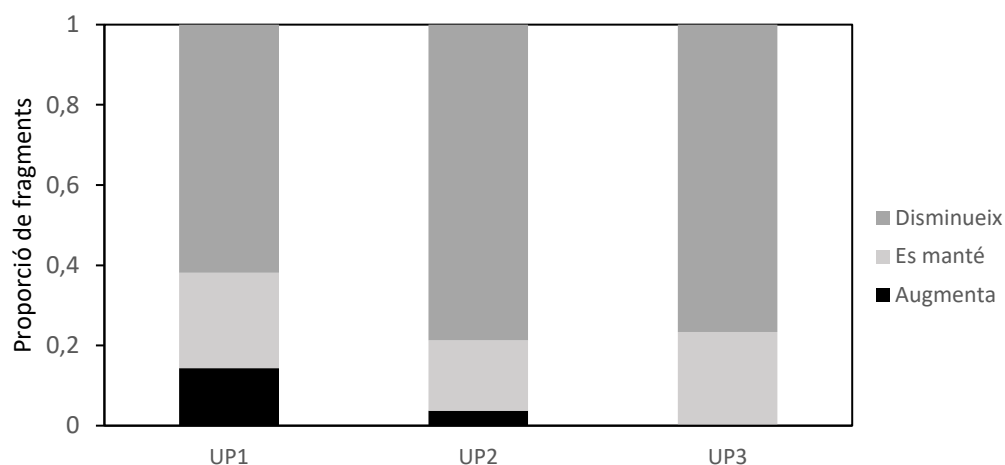


Figura 6. Diferències entre la quantitat de feixos verticals (inicials/finals) en els fragments de les diferents UP.

4.1.3 Feixos horitzontals

El nombre de feixos horitzontals a l'hora de plantar-los era de 497, el que equival al 33,26% dels feixos totals inicials. Però, en aquest cas els finals superen en nombre als inicials, en concret hi ha hagut un increment del 3,11%. Els feixos horitzontals representen un 49,51% dels feixos totals finals, ja que tot i haver augmentat només un 3,11% des de l'inici, el nombre relatiu final es veu afectat per la gran disminució dels feixos verticals.

Observant com varien en cada UP [Taula 3] s'observà que hi ha diferències significatives entre els feixos horitzontals inicials i els finals en la UP1, però en aquest cas per un augment d'aquests. També s'observaren diferències significatives pel que fa a la UP3, on hi ha una disminució d'aquests feixos. En canvi, en la UP2, tot i presentar una mitjana de feixos horitzontals finals inferior a la inicial, les dades no són significativament diferents.

	UP1	UP2	UP3
Mitjana \pm desviació	$1,30 \pm 0,61$	$1,82 \pm 0,93$	$2,04 \pm 0,93$
feixos horitzontals			
Inicials			
Mitjana \pm desviació	$1,78 \pm 1,01$	$1,63 \pm 1,01$	$1,55 \pm 0,94$
feixos horitzontals final			
p-valor Wilcoxon test	$2,12 \times 10^{-6}$	0,138	$1,27 \times 10^{-3}$

Taula 3. Mitjana del feixos horitzontals inicials i finals amb la seva desviació. Comparació d'aquestes mitges usant Wilcoxon test de mostres aparellades.

Si s'estudia la mitjana de canvi entre les diferents UP, s'observa que aquestes es comporten de manera diferent, Wilcoxon test ($UP1-UP2$; $p\text{-valor} = 5,38 \times 10^{-3}$), ($UP2-UP3$; $p\text{-valor} = 0.1371$), ($UP1-UP3$; $p\text{-valor} = 1,11 \times 10^{-7}$). La UP1 presenta un canvi significativament diferent d'UP2 i UP3, ja que la primera presenta un creixement de feixos, mentre les dues segones no. En canvi, al contrari del que passa en la distribució dels feixos verticals, la UP2 i UP3 no presenten canvis significativament diferents entre si, en les dues el nombre total de feixos horitzontals disminueix, sent aquest canvi de 0,47 feixos/fragment en la UP1, -0,19 feixos/fragment en la UP2 i de -0,48 feixos/fragment en la UP3. Per tant la dinàmica de desenvolupament dels feixos horitzontals varia en la UP1 respecte a la UP2 i UP3 [Figura 7].

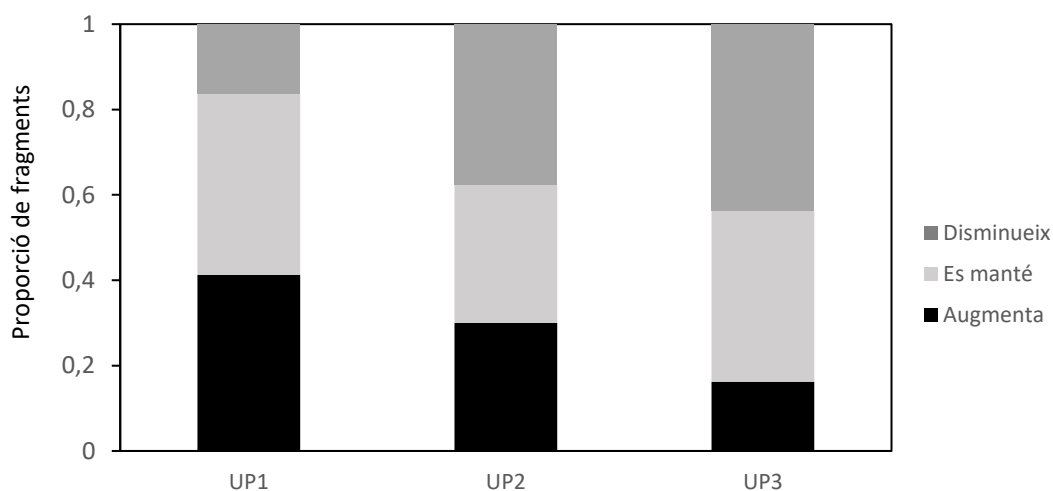


Figura 7. Diferències entre la quantitat de feixos horitzontals (inicials/finals) en els fragments de les diferents UP.

4.2 Supervivència

La UP1 presenta una molt bona taxa de supervivència en el primer recompte realitzat 396 dies després de la seva plantació, mostrà una taxa de supervivència del 99,9%.

En la UP2/UP3 tot i realitzar-se el seu seguiment en un període menor després de la seva replantació, al cap de 151 dies presentà una taxa de supervivència de 96,9%.

En la UP4/UP5 es realitza el seguiment al cap de 91 dies, i s'observà una taxa de supervivència de 98,28%.

4.3 Cobertura de macròfits

Totes les espècies que s'han obtingut dels diferents mostrejos dels dos hàbitats són: *Cymodocea nodosa* (39,76%), *Dasycladus vermicularis* (6,78%), *Padina pavonica* (8,72%), *Halimeda tuna* (0,13%), *Caulerpa prolifera* (1,61%), *Caulerpa cylindracea* (10,94%), *Flabellia petiolata* (26,88%), *Acetabularia acetabulum* (0,1%), *Cystoseira compresa* (0,26%), *Penicillus capitatus* (2,33%), *Rytidhlaea tinctoria* (1,07%), *Anadyomene stellata* (0,31%) i *Symploca hydroides* (1,1%). En un total de 60 parcel·les entre els dos hàbitats.

Es buscà la distribució d'espècies entre els dos hàbitats mitjançant un NMDS emprant una matriu de similitud de Bray-Curtis. El nivell de stress de la mostra és de 0,251, indicant que el grau de discordança entre la representació i les dades originals és relativament bona. Per comparar-los s'usà una MANOVA ($p\text{-valor}=0,003$), mostrant diferències significatives entre la distribució de les espècies entre els dos hàbitats. Tal com es pot observar en el gràfic d'ordenació NMDS [Figura 8].

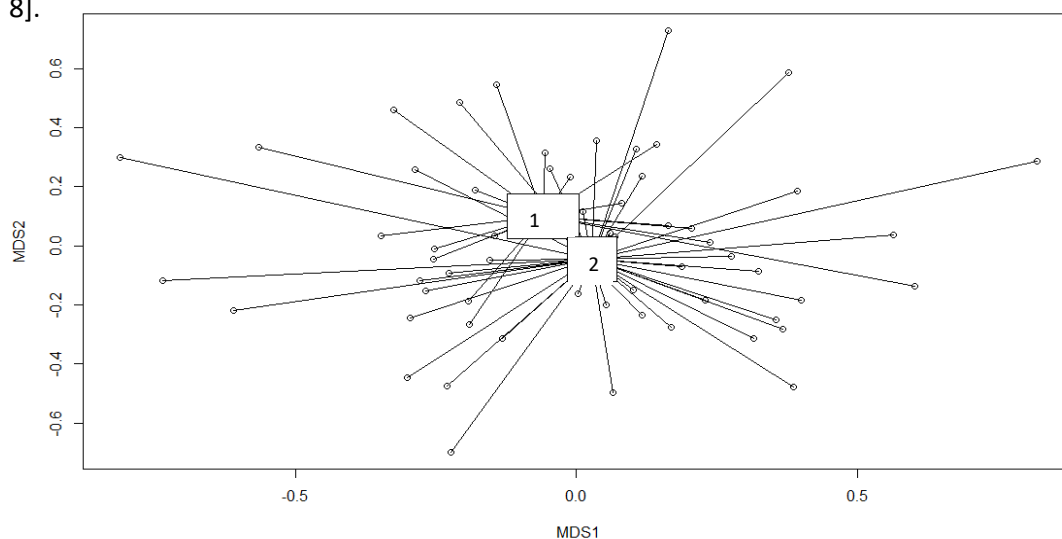


Figura 8. Ordenació NMDS de les diferents espècies de macròfits presents en els dos hàbitats analitzats. 1 → Zona contigua als node. 2 → Node.

4.3.1 Diversitat β

Comparant l'índex de Shannon per totes les zones de mostreig es realitzà un test contrast entre els dos hàbitats per observar si hi ha diferències significatives pel que fa a la diversitat. S'usà una ANOVA unifactorial per comparar els índexs de Shannon entre els dos hàbitats ($p\text{-valor}=0,002$). Per tant es pot afirmar que la presència *Posidonia oceanica* influeix en la diversitat de la zona. El seu valor en els nodes és d'1,96 mentre que en la zona contigua és significativament superior, és de 2,27, indicant que disminueix la diversitat de macròfits de la zona.

4.3.2 Diferència entre hàbitats

4 espècies d'un total de 13 diferents allades en les dues zones presenten diferències significatives pel que fa a la seva cobertura. Usant Kruskal-Wallis en la comparació d'*Anadyomene stellata* ($p\text{-valor}=0,048$) i *Dasycladus vermicularis* ($p\text{-valor}=1,46 \times 10^{-4}$) i un test de Wilcoxon en la comparació de *Padina pavonica* ($p\text{-valor}=7,25 \times 10^{-11}$) i de *Rytidhlaea tinctoria* ($p\text{-valor}=1,17 \times 10^{-4}$).

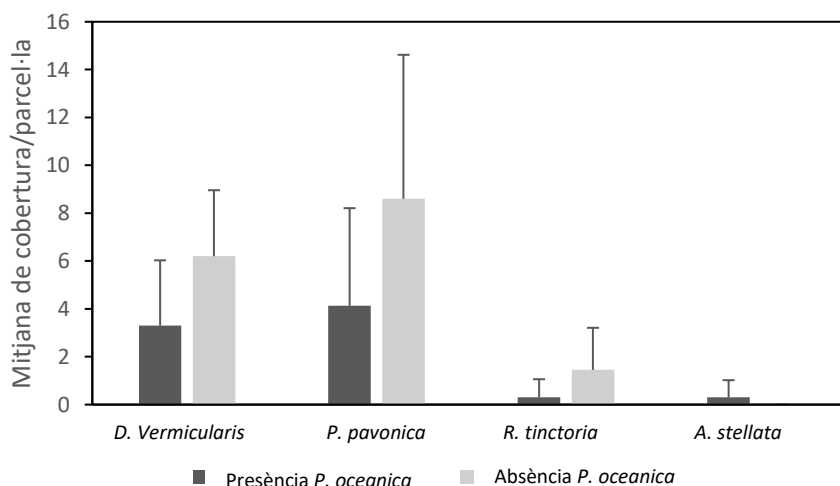


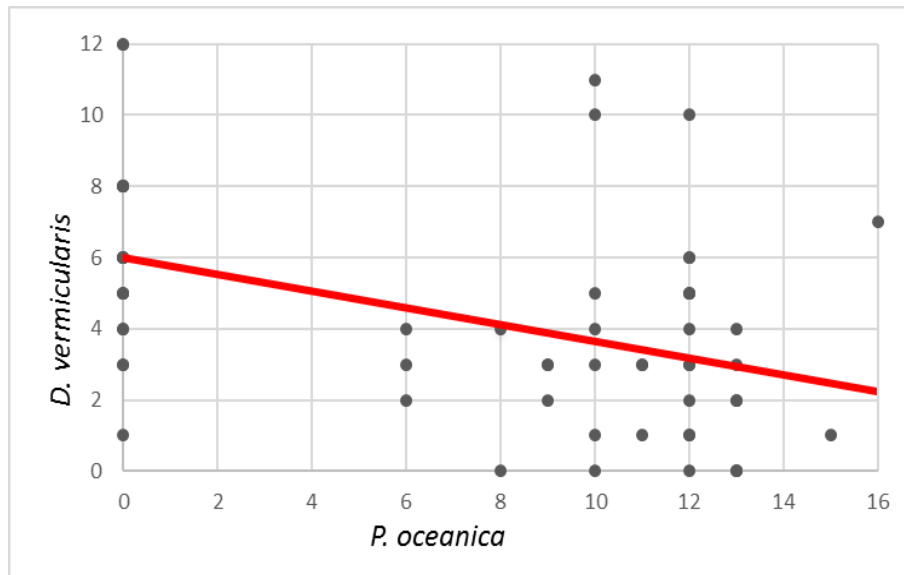
Figura 9. Espècies de macròfits amb cobertura significativament diferent entre els dos hàbitats analitzats.

Observant la mitja de la cobertura per les diferents zones [Figura 9], en 3 de les quatre espècies que presentaven diferències significatives tenen major cobertura en la zona on hi ha absència de *Posidonia oceanica*, mentre que *Anadyomene stellata* presenta una cobertura major en les parcel·les on si n'hi ha.

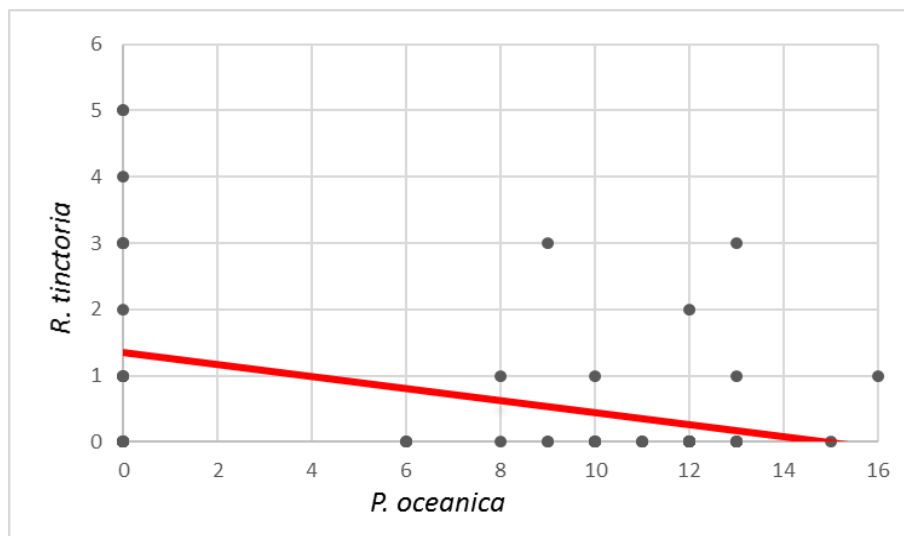
4.3.3 Relació amb la quantitat de *Posidonia oceanica*

Observant els resultats anteriors, hi ha una clara relació entre la presència de *Posidonia oceanica* i la disminució de certes espècies. Mitjançant una regressió lineal generalitzada, s'observarenen valors significatius entre la presència d'aquesta i la de *Dasycladus vermicularis* ($p\text{-valor}=1,16 \times 10^{-3}$), de *Padina pavonica* ($p\text{-valor}=9,39 \times 10^{-4}$) i de *Rytiphlaea tinctoria* ($p\text{-valor}=4,02 \times 10^{-3}$); en tots 3 casos s'ha usat una dispersió de quasi-poisson. En la resta d'espècies trobades no es pot apreciar que hi hagi aquesta relació significativa. S'aprecia que hi ha una relació inversa en la quantitat de *Posidonia oceanica* i la cobertura de *Dasycladus vermicularis*, *Padina pavonica* i *Rytiphlaea tinctoria*; com més cobertura de *Posidonia oceanica* menor és la de les 3 espècies [Figura 10]. Així no només la presència d'aquesta fanerògama n'altera la cobertura, sinó que també influeix la quantitat.

A



B



C

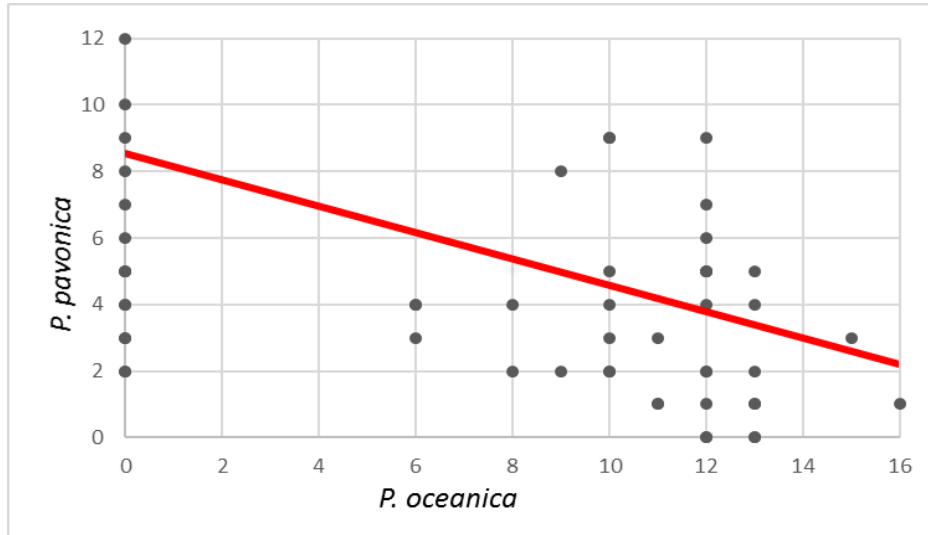


Figura 10. Relació lineal entre els fragments de *Posidonia oceanica* i la cobertura de macròfits que presenten una disminució significativa entre els hàbitats. (A) Relació entre *P. oceanica* i *D. vermicularis*. (B) Relació entre *P. oceanica* i *D. vermicularis*. (C) Relació entre *P. oceanica* i *P. pavonica*.

5.5 DISCUSSIÓ

Es pot observar fàcilment que en el poc temps que porten plantats els fragments (10-16 mesos) tenen una gran tendència a perdre feixos [Taula 1]. Aquesta disminució pot ser el resultat d'una primera aclimatació al nou ambient, on els feixos més dèbils s'han eliminat i encara no s'ha donat prou temps per realitzar un nou desenvolupament. Pel que fa a aquesta tendència a perdre feixos pot ser deguda per la redistribució dels nutrients per tal de crear noves arrels (Balestri *et al.*, 2011), ja que en estudis previs s'ha demostrat que no existeix aquesta pèrdua quan s'incorporen nutrients exògens en el medi (Balestri & Lardicci, 2006). En les tres UP se segueix la mateixa dinàmica, per tant els sis mesos més de plantació que té la UP1, són insuficients per observar-se diferències pel que fa al nombre total de feixos que presenta en comparació a les altres UP.

Tot i això, aquesta dinàmica varia quan es comparen els feixos dividits en la seva morfologia, els feixos horitzontals presenten un augment en el nombre final [Taula 3], aquest augment es veu clarament afectat per la UP1, on hi ha la diferència més gran; ja que en la UP2 i la UP3 s'hi observa una lleugera disminució. La UP2 i UP3 presenten la mateixa dinàmica, mentre que aquesta és diferent de la d'UP1, quan es parla de feixos apicals. Això posa en evidència aquests sis mesos de diferència entre la UP1 i la UP2/UP3, on els setze mesos de plantació han estat

suficients per començar una colonització de l'espai horitzontal característica per la formació d'aquests meristemes apicals amb gran capacitat per dissipar-se en el sol (Buia & Mazzella, 1991) i amb gran importància en l'expansió de la població per creixement clonal (Balestri *et al.*, 2011), mentre que els deu mesos són insuficients. Per tant es pot definir que el temps d'aclimatació per la formació de nous feixos apicals es troba entre els deu i els setze mesos. La formació d'aquests en la UP1 probablement és a costa de la pèrdua dels verticals, per la distribució de nutrients comentada anteriorment. A més la formació de feixos apicals comporta un augment en el nombre d'arrels, ja que presenten un major nombre d'arrels adventícies que els verticals (Molenaar *et al.*, 1993).

El contrari s'observa en els feixos verticals, on en totes les 3 UP hi ha una disminució [Taula 2], provocant que tot i haver-hi un augment dels feixos horitzontals no es reflecteixi en el nombre total. Aquesta disminució no és homogènia en totes les 3 UP, en la UP1 i UP2 es perden més fragments que en la UP3, així que la variació temporal entre les UP no és un factor a tenir en compte per la pèrdua de feixos verticals en aquest estudi. Aquesta disminució es pot traduir com la poca necessitat de colonitzar l'espai vertical, ja que de moment encara tenen molt de sòl per fer-ho a partir dels horitzontals. Com s'ha comentat anteriorment, aquesta pèrdua pot ser causada per la redistribució dels nutrients per formar noves arrels a partir de formació de rizomes horitzontals, així augmentaria la concentració de feixos verticals un cop s'hagi explotat el terreny al complet, sigui per la seva formació o per un canvi cap a una morfologia vertical dels que la presentaven horitzontal (Meinesz *et al.*, 1991). En diferents estudis com el de (Balestri *et al.*, 2011) es mostra un equilibri en la pèrdua de feixos al cap de 4 anys, mentre que altres com (Meinesz *et al.*, 1993) mostren un guany d'1-2 feixos per fragment a partir del tercer any de la seva replantació. Cal comentar que el guany de feixos apicals no esdevé per la formació d'aquests, sinó pel canvi d'hàbitat de creixement dels feixos verticals cap a una morfologia horitzontal, ja que no ha transcorregut el temps suficient per a la formació de nous rizomes (Molenaar *et al.*, 1993).

La taxa de supervivència és d'entre el 96,6% i el 99,9% en les diferents 5 UP. Aquesta taxa no es veu modificada pel temps de plantat, ja que no presenten una supervivència menor les que porten més temps plantat. Unes taxes de supervivència a curt termini (10-16 mesos) com aquestes mostren que les tècniques, les condicions i el lloc són més que apropiades per una bona replantació a llarg termini si segueix la mateixa dinàmica i no hi ha cap esdeveniment inesperat. Són semblants a altres treballs realitzats per (Meinesz *et al.*, 1992) els quals també aconseguixen taxes de supervivències semblants, el mateix succeeix en l'estudi de (Molenaar & Meinesz, 1992); tots ells presenten una característica en comú, la poca profunditat on es

realitza la replantació, per tant es pot afirmar que un dels factors més importants és realitzar-lo a menys de 10 metres de profunditat per optimitzar el seu èxit.

Tot i presentar una pèrdua de feixos totals, el qual representaria una pèrdua de densitat poblacional en una població real (Marbà *et al.*, 2005), en la replantació es reflecteix en un alt índex de supervivència, ja que cal tenir en compte aquest canvi de morfologia dels rizomes verticals a horitzontals que s'observa, suggerint una primera aclimatació per la formació d'arrels i colonització espacial. Per tant no es pot comparar la dinàmica d'una població real ja formada amb una d'uns pocs mesos de vida, ja que tot apunta que la replantació tindrà un gran èxit a llarg termini si extrapolem el que porta a curt termini, ja que diferents estudis mostren que el màxim de mortalitat es presenta en els primers mesos de desenvolupament de la praderia (Meinesz *et al.*, 1991). Tot i que cal ser prudents donat al lent ritme de creixement d'aquesta planta, així que no es pot assegurar que se segueixi la mateixa dinàmica.

Tot i que l'estudi es centra en la *Posidonia oceanica* cal tenir en compte les altres espècies de macròfits presents, la *Cymodocea nodosa* és l'espècie que presenta una abundància màxima tot i ser un altra fanerògama. La seva alta densitat es deu, en part, a l'època en què s'ha dut a terme el mostreig, ja que aquesta espècie presenta una gran estacionalitat, presentant una densitat màxima a l'estiu (Tuya *et al.*, 2006). Tot i aquesta dominància de *Cymodocea nodosa* s'observen un total de 12 espècies en les dues zones d'estudi. Comparant la distribució es pot afirmar que la presència de *Posidonia oceanica* fa variar les seves densitats. Així com la diversitat β mesurada amb l'índex de Shannon, la qual disminueix significativament en els nodes.

Les espècies que es troben més afectades són *Dasycladus vermicularis*, *Padina pavonica*, *Rytiphlaea tinctoria* i *Anadyomene stellata*. On les 3 primeres presenten una cobertura relativa significativament menor en la zona on hi ha la *Posidonia oceanica* que a les zones adjacents [Figura 9]. Aquestes espècies poden haver disminuït la seva cobertura en perdre recursos o terreny, ja que els fragments plantats generen activament feixos apicals per colonitzar el terreny afectant així la distribució d'aquestes espècies i afectant la diversitat β de la zona. Tant afecta a cloròfits (*Dasycladus vermicularis*), rodòfits (*Rytiphlaea tinctoria*) i feòfits (*Padina pavonica*). La pèrdua de diversitat com la de cobertura de diferents espècies de macròfits posa en manifest que en sols 10 mesos la *Posidonia oceanica* té la capacitat suficient per alterar l'hàbitat on es planta. Per aquest motiu s'ha de tenir en compte aquest factor per pròxims projectes, ja que afectarà les espècies de macròfits de la zona i això pot estar directament relacionada amb una pèrdua de diversitat de la fauna, encara que l'hàbitat resultant presenti major complexitat. Cal assegurar-se que aquesta pèrdua no sigui causada per les mateixes tasques de replantació, per

això calen treballs que estudiïn aquestes distribucions, no només en una escala espacial sinó que també temporal.

Com s'observa en els resultats, no només la presència de *Posidonia oceanica* afecta els macròfits; sinó que la quantitat d'aquestes també és un factor determinant [Figura 10]. Ja que a més cobertura de *Posidonia oceanica* menor és la que queda lliure per la resta de macròfits. Així s'observa el gradient temporal entre l'alguer de *Cymodocea nodosa* de zones obertes poc profundes sobre mata morta de *Posidonia oceanica* per convertir-se en un alguer de *Posidonia oceanica* sobre mata morta (Ballesteros, 2019), i la successió d'espècies de macròfits acompanyants que serà diferent en cada cas. No s'ha trobat cap factor ni ressenya bibliogràfica que pugui explicar per què afecta aquestes espècies en particular, i no a la resta. Possiblement podria ser una qüestió de competència espacial, ja que a més quantitat de *Posidonia oceanica* menor per la resta de macròfits, afectant més a aquelles espècies més voluminoses.

La *Cymodocea nodosa* és l'espècie pionera de les praderies de *Posidonia oceanica* de forma natural (Montefalcone *et al.*, 2006), per tant s'està accelerant la formació d'una nova praderia en la zona de manera antropogènica.

Un altre factor en tenir en compte és la possible inserció d'altres espècies a la zona, com el que passa amb *Anadyomene stellata*, la qual només es troba en la zona de la replantació. Possiblement s'hi ha introduït mitjançant els fragments usats, en els quals es trobava epífita. Tot i no ser una espècie perillosa pel desenvolupament de l'ecosistema posa en manifest la importància de controlar el material usat, ja que es podria introduir una nova espècie potencialment perillosa per la *Posidonia oceanica* com *Caulerpa taxifolia* o *Womersleyella setacea*, sobretot si la pradera es troba en els seus primers estadis (Terrados *et al.*, 2008).

6 ÈTICA I SOSTENIBILITAT

Per tal de dur a terme el projecte de replantació en el total de les dues hectàrees es van usar fragments que ja no estaven arrelats, sinó que es trobaven en els marges/clars de la praderia adjacent a la zona d'estudi. Aquesta tècnica permet la seva utilització sense haver de malmetre l'hàbitat donador. Tot i això, es trenca la dinàmica natural que seguirien aquests fragments, ja que són usats com a propàguls per la reproducció asexual de la planta, d'aquesta manera s'ha influït en la zona que aquests s'haguessin assentat. Però el propòsit d'aquests fragments, al final, ha estat assolit.

A l'hora de dur a terme els mostrejos, es va tenir en compte de no malmetre la vida aquàtica i intentar interactuar amb ella el menor possible. Ja que a l'hora de realitzar la immersió amb un equip autònom s'ha de vigilar no aixecar molta sorra del substrat, intentar tocar el menor possible el fons i sobretot ancorar el vaixell sempre que es pugui en un fons sorrenc, ja que són ecosistemes molt fràgils on la mínima pertorbació els podrien malmetre.

En les immersions realitzades al llarg de l'estudi es van observar deixalles i residus, a la mesura possible van ser retirades del lloc i llançats en la deixalleria adequada, ja que quan es va un medi natural s'ha de deixar millor del que s'ha trobat.

7 CONCLUSIONS

The use of Strap method with fragments of at least one apical bundles and one of vertical narrow of the sandy clearings of the same prairie adjacent to the area of the Bay of Pollença (Mallorca) allows a high rate of survival in the short term (10 -16 months) in bathymetry areas of 5 meters.

At 16 months *Posidonia oceanica* begins a horizontal extension in order to expand in its appropriate measure, which is reflected in an increase in the apical bundles and a decrease in the verticals, due to the need a first acclimatization to new conditions by the formation of new roots from the relocation of nutrients from the missing bundles and by the expansion of the population by clonal growth from the apical meristems (Balesteri et al., 2011). This process is not yet present in the 10 first months, showing that this period is of acclimatization to the new conditions, where both apical and vertical bundles are lost.

The presence of *Posidonia oceanica* has the ability to alter the coverage of macrophytes in algae of *Cymodocea nodosa* of shallow open areas on dead bush of *Posidonia oceanica*, both decreasing the β diversity of the area and the abundance of *Dasycladus vermicularis*, *Padina pavonica*, *Rytiphylae tinctoria* and *Anadyomene stellata*; where the first three are negatively influences by the number of *Posidonia oceanica* bundles that have been replanted.

8 BIBLIOGRAFIA

- Arenas Camps, M. (7 de juny de 2016). *The marine jungles: the meadowlands of Posidonia*. All you need is Biology. Recuperat de: <https://allyouneedisbiology.wordpress.com/2016/05/07/biodiversity-in-meadowlands-posidonia/>
- Arnaud, S., Duarte, C. M., Diaz-Almela, E., Marbà, N., Sintès, T., & Serrão, E. A. (2012). Implications of Extreme Life Span in Clonal Organisms: Millenary Clones in Meadows of the Threatened Seagrass *Posidonia oceanica*. *PLoS ONE*, 7(2), e30454. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0030454>
- Balestri, E., Gobert, S., Lepoint, G., & Lardicci, C. (2009). Seed nutrient content and nutritional status of *Posidonia oceanica* seedlings in the northwestern Mediterranean Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 388 (January 2014), 99–109. <https://doi.org/10.3354/meps08104>
- Balestri, E., Piazzì, L., & Cinelli, F. (1998). In vitro germination and seedling development of *Posidonia oceanica*. *Aquatic botany*, 60(1), 83–93. [https://doi.org/10.1016/S0304-3770\(97\)00017-X](https://doi.org/10.1016/S0304-3770(97)00017-X)
- Balestri, E., & Lardicci, C. (2006). Stimulation of root formation in *Posidonia oceanica* cuttings by application of auxins (NAA and IBA). *Marine Biology* 149, 393–400. <https://doi.org/10.1007/s00227-005-0193-0>
- Balestri, E., Vallerini, F., & Lardicci, C. (2011). Storm-generated fragments of the seagrass *Posidonia oceanica* from beach wrack - A potential source of transplants for restoration. *Biological Conservation*, 144(5), 1644–1654. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.02.020>
- Ballesteros, E. (2019). *Llista dels hàbitats marins de Catalunya*. Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat. Recuperat de: http://mediambient.gencat.cat/web/.content/home/ambits_dactuacio/patrimoni_natural/sistemes_dinformacio/habitats/habitats-marins/Llista_habitats_marins_v20.pdf
- Boudouresque, C.F. (2000). La restauration des écosystèmes à phanérogames marines. En L. Dreves and M. Chaussepied (Ed.), *Restauration des écosystèmes côtiers*. 65–85. IFREMER.
- Boudouresque, C.F, Bernard, G., Bonhomme, P., Charbonnel, E., Diviacco, G., Meinesz, A., Pergent, G., Perfent-Martini, C., Ruitton, S., Tunesi, L. (2012). Protection and conservation of *Posidonia oceanica* meadows. RAMOGE and RAC/SPA, Tunis: 1-202.
- Buia, M. C., & Mazzella, L. (1991). Reproductive phenology of the Mediterranean seagrasses *Posidonia oceanica* (L.) Delile, *Cymodocea nodosa* (Ucria) Aschers., and *Zostera noltii* Hornem. *Aquatic Botany*, 40(4), 343–362. [https://doi.org/10.1016/0304-3770\(91\)90080-O](https://doi.org/10.1016/0304-3770(91)90080-O)
- Calizza, E., Costantini, M. L., Carlino, P., Bentivoglio, F., Orlandi, L., & Rossi, L. (2013). *Posidonia oceanica* habitat loss and changes in litter-associated biodiversity organization: A stable isotope-based

- preliminary study. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 135, 137–145.
<https://doi.org/10.1016/j.ecss.2013.07.019>
- Calleja, M. L., Marbà, N., & Duarte, C. M. (2007). The relationship between seagrass (*Posidonia oceanica*) decline and sulfide porewater concentration in carbonate sediments. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 73(3–4), 583–588. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2007.02.016>
- Cancemi, G., De Falco, G., & Pergent, G. (2003). Effects of organic matter input from a fish farming facility on a *Posidonia oceanica* meadow. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 56(5–6), 961–968.
[https://doi.org/10.1016/S0272-7714\(02\)00295-0](https://doi.org/10.1016/S0272-7714(02)00295-0)
- Capiomont, A., Sandmeier, M., Caye, G., & Meinesz, A. (1996). Enzyme polymorphism in *Posidonia oceanica*, a seagrass endemic to the Mediterranean. *Aquatic Botany*, 54(4), 265–277.
[https://doi.org/10.1016/0304-3770\(96\)01029-7](https://doi.org/10.1016/0304-3770(96)01029-7)
- CEDEX, Centro de estudios y experimentación de obras públicas. (2012). Umbrales de tolerancia al incremento de salinidad de diversas especies marinas. *Informe Técnico, Madrid*. Recuperat de: <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/>
- De Groot, R. S., Blignaut, J., Van Der Ploeg, S., Aronson, J., Elmqvist, T., & Farley, J. (2013). Benefits of Investing in Ecosystem Restoration. *Conservation Biology*, 27(6), 1286–1293.
<https://doi.org/10.1111/cobi.12158>
- Den Hartog, C., (1977). Structure, function, and classification. *Seagrass ecosystems: a Scientific Perspective*. Ed. McRoy, C.P., & Helfferich, C. 89-121.
- Díaz, E., Marbà, N., Álvarez, E., Santiago, R., Holmer, M., Grau, A., Mirto, S., Danovaro, R., Petrou, A., Argyrou, M., Karakassis, I., & Duarte, C. M. (2008). Benthic input rates predict seagrass (*Posidonia oceanica*) fish farm-induced decline. *Marine Pollution Bulletin*, 56(7), 1332–1342.
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2008.03.022>
- Díaz, E., Marbà, N., & Duarte, C. M. (2007). Consequences of Mediterranean warming events in seagrass (*Posidonia oceanica*) flowering records. *Global Change Biology*, 13(1), 224–235.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2006.01260.x>
- Díaz, L., Rodríguez, F., Ortiz, M., Cupul, A., Carriquiry, J., Ríos, E., Rodríguez, A & García, M. (2016) Coral Reef Health Indices versus the Biological, Ecological and Functional Diversity of Fish and Coral Assemblages in the Caribbean Sea. *PLoS ONE*, 11(8): e0161812. doi:10.1371/journal.pone.0161812
- Fonseca, M.S., Kenworthy, W.J., & Thayer, G.W. (1998). *Guidelines for the Conservation and Restoration of Seagrasses in the United States and Adjacent Waters*. NOAA Coastal Ocean Program Decision Analysis. 12, 1-222. NOAA Coastal Ocean Office, Silver Spring, MD.

- Gacia, E., & Duarte, C. M. (2001). Sediment retention by a Mediterranean *Posidonia oceanica* meadow: The balance between deposition and resuspension. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 52(4), 505–514. <https://doi.org/10.1006/ecss.2000.0753>
- Gacia, E., Marbà, N., Cebrián, J., Vaquer-Sunyer, R., Garcias-Bonet, N., & Duarte, C. (2012). Thresholds of irradiance for seagrass *Posidonia oceanica* meadow metabolism. *Marine Ecology Progress Series*, 466, 69–79. <https://doi.org/10.3354/meps09928>
- Gavara, S. (2017). *Restauración de angiospermas marinas: legislación y metodología* (treball de final de grau). Universidad de Cádiz, Cádiz, Espanya. Recuperat de: <http://hdl.handle.net/10251/78998>
- Glasby, T. M. (2013). *Caulerpa taxifolia* in seagrass meadows: Killer or opportunistic weed? *Biological Invasions*, 15(5), 1017–1035. <https://doi.org/10.1007/s10530-012-0347-1>
- Harris, S. A., Maberly, S. C., & Abbott, R. J. (1992). Genetic variation within and between populations of *Myriophyllum alterniflorum* DC. *Aquatic Botany*, 44(1), 1–21. [https://doi.org/10.1016/0304-3770\(92\)90077-V](https://doi.org/10.1016/0304-3770(92)90077-V)
- Harrison, X. A. (2014). Using observation-level random effects to model overdispersion in count data in ecology and evolution. *PeerJ*, 2014(1), e616. <https://doi.org/10.7717/peerj.616>
- Hemminga, M. A., & Duarte, C. M. (2009). Light, carbon and nutrients. *Seagrass Ecology*. <https://doi.org/10.1017/cbo9780511525551.005>
- Hungría, E. M. (2019). “*Posidonia oceanica*: Destrucción por fondeos y su concepción como delito ambiental en Las Illes Balears. *Statistical Field Theor*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Koçak, F., Uluturhan, E., Gier, G. Y., & Aydın Önen, S. (2011). Impact of environmental conditions on *Posidonia oceanica* meadows in the Eastern Mediterranean Sea. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*, 40(6), 770–778. <http://hdl.handle.net/123456789/13263>
- Larkum, A. W. D., Orth, R. J., & Duarte, C. M. (2006). *Seagrasses: biology, ecology, and conservation*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-2983-7>
- Lizaso, J. L. S. (1995). *Estudio de la pradera de Posidonia oceanica (L.) Delile de la Reserva Marina de Tabarca (Alicante): Fenología y producción primaria* (tesis doctoral). Universidad de Alicante, Alicante, Espanya.
- Marbà, N., Duarte, C. M., Díaz, E., Terrados, J., Álvarez, E., Martínez, R., Santiago, R., Gacia, E., & Grau, A. M. (2005). Direct evidence of imbalanced seagrass (*Posidonia oceanica*) shoot population dynamics in the Spanish Mediterranean. *Estuaries*, 28(1), 53–62. <https://doi.org/10.1007/BF02732753>

- Marbà, N., Duarte, C. M., Holmer, M., Martínez, R., Basterretxea, G., Orfila, A., Jordi, A., & Tintoré, J. (2002). Effectiveness of protection of seagrass (*Posidonia oceanica*) populations in Cabrera National Park (Spain). *Environmental Conservation*, 29(4), 509–518.
<https://doi.org/10.1017/S037689290200036X>
- Meinesz, A., Caye, G., Loquès, F., & Molenaar, H. (1991). Growth and development in culture of orthotropic rhizomes of *Posidonia oceanica*. *Aquatic Botany*, 39(3–4), 367–377.
[https://doi.org/10.1016/0304-3770\(91\)90010-3](https://doi.org/10.1016/0304-3770(91)90010-3)
- Meinesz, A., Caye, G., Loques, F., & Molenaar, H. (1993). Polymorphism and development of *Posidonia oceanica* transplanted from different parts of the Mediterranean in the National Park of Port-Cros. *Botanica Marina*, 36, 209–216. <https://doi.org/10.1515/botm.1993.36.3.209>
- Meinesz, A., Molenaar, H., Bellone, E., & Loques, F. (1992). Vegetative Reproduction in *Posidonia oceanica* I. Effects of Rhizome Length and Transplantation Season in Orthotopic Shoots. *Marine Ecology*, 13(2), 163–174. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0485.1992.tb00347.x>
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. (2011). Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas. *Boletín Oficial Del Estado*, 46, 20912–20951.
<http://www.boe.es/boe/dias/2011/02/23/pdfs/BOE-A-2011-3582.pdf>
- Molenaar, H., Meinesz, A., & Caye, G. (1993). Vegetative reproduction in *Posidonia oceanica*. Survival and development in different morphological types of transplanted cuttings. *Botanica Marina*, 36(6), 481–488. <https://doi.org/10.1515/botm.1993.36.6.481>
- Molenaar, H., & Meinesz, A. (1992). Vegetative Reproduction in *Posidonia oceanica*. *Marine Ecology*, 13(2), 175–185. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0485.1992.tb00348.x>
- Montefalcone, M., Albertelli, G., Bianchi, C. N., Marini, M., & Morri, C. (2006). A new synthetic index and a protocol for monitoring the status of *Posidonia oceanica* meadows: a case study at Sanremo (Ligurian Sea, NW Mediterranean). *Wiley InterScience*, 16 (29-42).
- Moreno, J. D. (2006). Nuevos datos sobre la floración, fructificación y germinación de fanerógamas marinas en Andalucía. *Acta Botanica Malacitana*, 31, 51-72.
<https://doi.org/10.24310/abm.v31i31.7120>
- Pasqualini, V., Pergent-Martini, C., Clabaut, P., & Pergent, G. (1998). Mapping of *Posidonia oceanica* using aerial photographs and side scan sonar: Application off the Island of Corsica (France). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 47(3), 359–367.

- Peirano, A., Cocito, S., Banfi, V., Cupido, R., Damasso, V., Farina, G., Lombardi, C., Mauro, R., Morri, C., Roncarolo, I., Torricelli, L., & Nike, C. (2011). Phenology of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile : Medium and long-term cycles and climate inferences. *Aquatic botany*, 94, 77–92. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2010.11.007>
- Pihl, L., & Wennhage, H. (2002). Structure and diversity of fish assemblages on rocky and soft bottom shores on the Swedish west coast. *Journal of Fish Biology*, 61(SUPPL. A), 148–166. <https://doi.org/10.1006/jfbi.2002.2074>
- Pla, L. (2006). Biodiversidad: inferencia basada en el índice Shannon y la riqueza. *Interciencia*, 31(8), 583–590. Recuperat de: <http://www.redalyc.org/pdf/339/33911906.pdf>
- R Core Team. (2020). R: A language and environment for statistical computing. *R Foundation for Statistical Computing*, Viena, Austria. Recuperat de: <https://www.R-project.org/>.
- Red Eléctrica Española. (2018). Guía Práctica. El plantado de *Posidonia oceanica*. Técnica desarrollada en el proyecto 'Uso de semillas y fragmentos de *Posidonia oceanica* en la restauración de zonas afectadas por la actividad de Red Eléctrica de España. *Red Eléctrica Española*. Recuperat de: <https://www.ree.es/es/sostenibilidad/proyectos-destacados/proyectos-ambientales/posidonia-oceanica>
- Ruiz, M. C., & Aide, T. M. (2005). Restoration success: How is it being measured? *Restoration Ecology*, 13(3), 569–577. <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2005.00072.x>
- Telesca, L., Belluscio, A., Criscoli, A., Ardizzone, G., Apostolaki, E. T., Fraschetti, S., Gristina, M., Knittweis, L., Martin, C. S., Pergent, G., Alagna, A., Badalamenti, F., Garofalo, G., Gerakaris, V., Louise Pace, M., Pergent-Martini, C., & Salomidi, M. (2015). Seagrass meadows (*Posidonia oceanica*) distribution and trajectories of change. *Scientific Reports*, 5(1), 1–14. <https://doi.org/10.1038/srep12505>
- Terrados, J., & Duarte, C. M. (2000). Experimental evidence of reduced particle resuspension within a seagrass (*Posidonia oceanica* L.) meadow. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 243(1), 45–53. [https://doi.org/10.1016/S0022-0981\(99\)00110-0](https://doi.org/10.1016/S0022-0981(99)00110-0)
- Terrados, J., Deudero Company, S., Marbà Mordalba, N., Roelló-Mora, R., Javier Meddina Pons, J., Centeno, A., Ballesteros, E., & Ramírez García-Armora, P. (2008). *Macroalgas marinas invasoras en la islas Baleares: evaluación de riesgos y efectos en comunidades bentónicas*. Recuperat de: https://www.uib.es/digitalAssets/127/127280_diverscast.pdf
- Tuya, F., Martín, J. A., & Luque, A. (2006). Ciclo estacional de una pradera marina de *Cymodocea nodosa* y la ictiofauna asociada en Playa Dorada (Lanzarote, Islas Canarias, Atlántico oriental). *Ciencias Marinas*, 32(4), 695–704. <https://doi.org/10.7773/cm.v32i4.1158>

UNESCO. (1999). World heritage nomination-IUCN technical evaluation Ibiza, biodiversity and culutre (Spain). Recuperat de:

Waycott, M., Duarte, C. M., Carruthers, T. J. B., Orth, R. J., Dennison, W. C., Olyarnik, S., Calladine, A., Fourqurean, J. W., Heck, K. L., Hughes, A. R., Kendrick, G. A., Kenworthy, W. J., Short, F. T., & Williams, S. L. (2009). Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(30), 12377–12381. <https://doi.org/10.1073/pnas.0905620106>

Zieman, J. C., Thayer, G. W., Robblee, M. B., & Zieman, R. T. (1979). Production and Export of Sea Grasses from a Tropical Bay. *Ecological Processes in Coastal and Marine Systems*, 10, 21–33. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-9146-7_2